

Om hyggesgranen och
dess betydelse för de norrländska
granskogshyggenas för yngning

*On Clearing-Spruce and its Significance to the Reforestation
of Spruce Forest Clearings in Northern Sweden*

av

LARS TIRÉN

MEDDELANDEN FRÅN
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT
BAND 39 · NR 8

Centraltr., Esselte, Schilm 5F
042621

Om hyggesgranen och dess betydelse för de norr- ländska granskogshyggenas förnygring

Under det goda granfröåret 1942—43 erbjöd sig ett lämpligt tillfälle att undersöka beskaffenheten hos fröet från den på hyggen i Norrland kvarlämnade granen, samt att bilda sig en föreställning om den av dessa granar producerade frömängden. Båda dessa frågor äro av stort intresse, emedan den naturliga förnygringen av gran i mellersta och övre Norrland till stor del ombesörjes av de ursprungligen i regel till dimensionen klena granar, som kvarställts på hyggena. Vi kalla i fortsättningen dessa granar för hyggesgranar. De äro ett slags fröträd eller »fröspridare». Icke sällan äro de uppbladdade med marbuskar av dåligt slag och äro ofta själva allt annat än vackra. De benämnas i sådana fall understundom »restgran». Enligt utförda undersökningar (TIRÉN, 1945, 1950) fungerar hyggesgranen i själva verket som fröträd, även om dess effektivitet ofta synes vara rätt obetydlig. Av den på granskogshyggena uppkommande nyförnygringen torde trots allt ändå det mesta härröra från hyggesgranen, medan bidraget från eventuellt omgivande skogskanter i genomsnitt är relativt ringa (jfr HESSELMAN, 1938—39), ehuru i allmänhet dock icke negligerbart.

Genom stort tillmötesgående från Kramfors AB, Mo och Domsjö AB och Sundsvallsbolagen insamlades på vintern 1943 det erforderliga undersökningsmaterialet. Förf. frambär härför ett varmt tack. Vid undersökningen har dessutom en del av det material, som genom Kungl. Skogsstyrelsens försorg insamlats för vissa utredningar över 1942—43 års granfröskörds grobarhetsförhållanden, kommit till användning. Materialet härstammar från Västerbottens, Västernorrlands och Jämtlands län och omfattar sammanlagt 73 lokaler med kottprov från över 700 träd. Hyggesåldrarna ha varierat från 2 till 28 år och höjdlägen från 20 till 650 m. ö. h. äro företrädade i materialet.

Från varje lokal har kott från 8—12 provträd undersökts. I fråga om hyggesgranen uttogos provträden representativt inom en viss utstakad yta. Skogsstyrelsens material omfattar på varje lokal 8—12 träd, uttagna bland de bättre av de för avverkning 1942—43 stämplade träden i bestånden. Antalet provträd per lokal har nästan alltid varit 10; 8 eller 12 provträd förekommo endast undantagsvis.

Beskaffenheten av hyggesgranens frö

Grobarheten efter 30 dygn hos hyggesgranens frö visade sig vara lika hög som grobarheten hos den avverkningsmogna skogens frö. Detta framgår tydligt av nedanstående uppställning tab. 1, som visar medelgroningsprocenten inom fyra olika höjdlägen. Grobarheten har bestämts på fröet sådant det faller ur kotten, alltså utan bortblåsning av tomfröet.

Tab. 1. **Granfröets grobarhet 1942—43.**
Germinating capacity of Spruce seed 1942—43.

Material	Höjd över havet, meter Height above sea level, metres			
	0—299	300—399	400—499	500—
Hyggesgran Clearing Spruce	65,5	59,0	51,4	13,4
Avverkningsmogen gran Exploitable Spruce	66,7	62,1	47,0	14,6

De obetydliga skillnaderna mellan hyggesgran och avverkningsmogen gran inom samma höjdläge sakna alldeles signifikativ betydelse. Man synes sålunda komma till den slutsatsen, att åtminstone detta år hyggesgranen producerat ett lika grobart frö som den gamla skogen i motsvarande höjdläge. Om hyggesgranen som fröträd icke står i högsta klass, så synes detta följaktligen icke i allmänhet bero på dålig grobarhet hos dess frö.

I detta sammanhang är det icke utan intresse att även undersöka 1000-kornvikten och fröutbytet per hl kott. 1000-kornvikten i olika höjdlägen framgår av tab. 2.

Ej heller 1000-kornvikten ger anledning till misstro mot hyggesgranens frö. Liksom grobarheten sjunker den med stigande höjd över havet, vilket är en fullt normal företeelse, men når icke oroande låga värden förrän ovanför 500 m ö. h.

Tab. 2. **1000-kornvikten hos hyggesgran och avverkningsmogen gran 1942—43.**
1000-seed weight for Clearing Spruce and exploitable Spruce 1942—43.

Material	Höjd över havet, meter Height above sea level, metres					
	0—99	100—199	200—299	300—399	400—499	500—
Hyggesgran Clearing Spruce	3,59	3,91	4,11	3,77	3,28	2,53
Avverkningsmogen gran Exploitable Spruce	3,76	4,03	3,88	3,49	3,32	2,89

Fröutbytet i kg per hl kott framgår av följande tab. 3.

Tab. 3. **Fröutbytet hos hyggesgran och avverkningsmogen gran 1942—43.**
Seed-quantity of Clearing Spruce and exploitable Spruce, 1942—43.

Material	Höjd över havet, meter Heigt above sea level, metres					
	0—99	100—199	200—299	300—399	400—499	500—
Hyggesgran Clearing Spruce	0,47 ¹	0,98	0,92	0,88	0,85	0,55
Avverkningsmogen gran ... Exploitable Spruce	1,33	0,96	0,98	1,09	0,98	0,67

¹ Starka insektsskador.
Bad insect damage.

Även om vi utesluta höjdläget 0—99 m ö. h., där hyggesgrankotten var starkt insektsskadad, skulle tabellen möjligen kunna ge anledning till misstanken, att hyggesgranen givit ett genomsnittligt lägre fröutbyte än den avverkningsmogna granen. Medelutbytet inom områden över 100 m ö. h. är för hyggesgran 0,833 och för avverkningsmogen gran 0,951 kg/hl med en skillnad av 0,118 kg/hl.

Spridningsundersökningar visa, att denna skillnad i nästan precis 5 fall på 100 skulle kunna ha uppkommit av en slump, om de båda serierna utgjort stickprov ur en granpopulation med samma fröutbyte per hl. Skillnaden är således »signifikativ», men kan icke fastslås som ställd utom allt rimligt tvivel. För de enskilda höjdlägesgrupperna är skillnaden i intet fall signifikativ, ehuru den för höjdläget 300—399 m ö. h. är mycket nära 5-procentsgränsen. Med tab. 3 som enda informationskälla kan vi således knappast säga mer än följande: Det är möjligt, men icke i mycket hög grad sannolikt, att hyggesgranen i medeltal givit ett något lägre fröutbyte än den avverkningsmogna granen.

Hyggesgranens kottproduktion

Kottproduktionen har mätts i kilogram färsk kott. Då 1 liter kott av hyggesgran oberoende av höjden över havet vägde i medeltal 0,325 kg, kan omförning från kilogram till liter ske genom multiplikation av kottvikten i kg med 3,08.

Med kottvikten per träd som beroende variabel utfördes en korrelation, i vilken som oberoende primära variabler förekommo höjden över havet i m, antalet år efter avverkningen, brösthöjdsdiametern p. b. i cm och en kombination mellan denna och antalet år efter avverkningen. Resultatet blev, att endast sambandet mellan kottvikten och diametern var signifikativt (jfr nedan).

Medelfelen för samtliga andra koefficienter blev 100 % eller mer av koefficientens värde. Med bibehållande endast av diametern erhöles följande funktion för beräkning av den per träd producerade kottvikten.

$$K = 0,317 (D/10)^{2,65} \dots\dots\dots (1)$$

K betyder alltså kottvikten i kg och D diametern p. b. i cm vid brösthöjd. Funktionens tillämpningsområde sträcker sig från 5 till 30 cm diameter. Fig. 1 visar kurvan och materialets punkter, av vilka de helsvarta härröra från hyggesgran och de andra från avverkningsmogen gran. Anslutningen mellan den ena och den andra gransorten i skarven mellan 16 och 20 cm diameter sker otvunget, vilket visar, att hela materialet kan utjämnas av en och samma kurva.

De uteslutna variabelernas oförmåga att påverka hyggesgranens kottvikt kan åskådliggöras på följande sätt. För undersökning av höjden över havet samlas kottvikter och diametrar i de 6 grupperna 0—99, 100—199 o. s. v. till och med 500 m ö. h. De observerade och de med (1) beräknade medelkottvik-

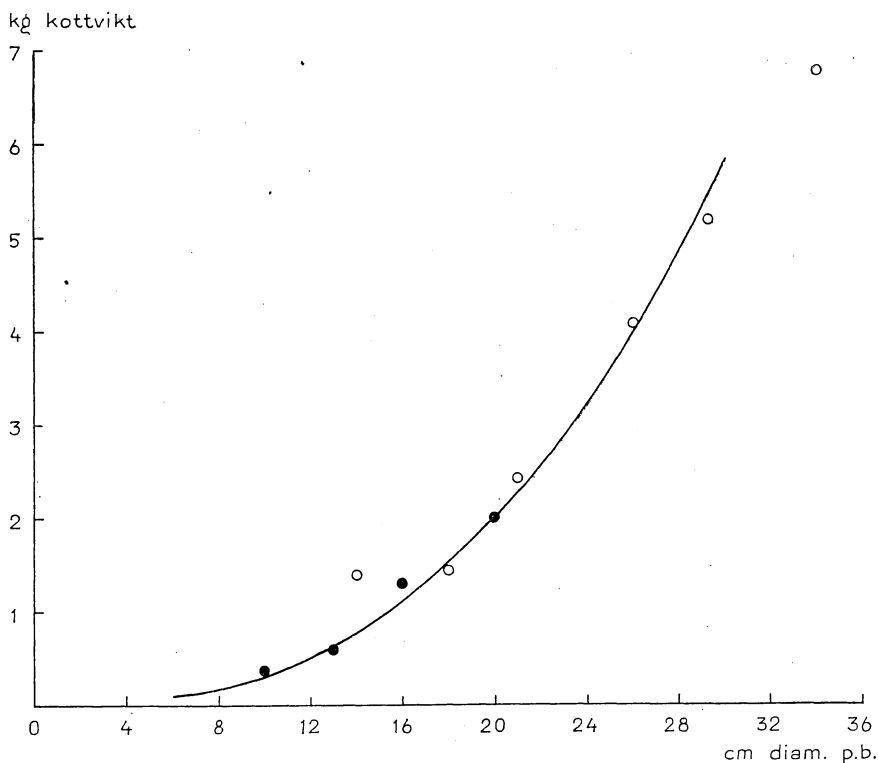


Fig. 1. Sambandet mellan kottvikt per träd och brösthöjdsdiameter.

Relation between cone-weight in kgs per tree (kg kottvikt) and diameter at breast-height in cm (cm diam. p. b.).

terna i höjdgrupperna uträknas, varefter differenser erhållas såsom observerade minus beräknade värden. Differenserna bli uttryckta i kg kott per träd och äro för de ovannämnda höjdzonerna följande: $-0,11$, $-0,11$, $+0,02$, $+0,02$, $+0,05$, $+0,04$. Vid konstant diameter kan således höjden över havet icke sägas ha påverkat kottsättningens riklighet. Insektsskador bidra till minusdifferenserna inom de lägre höjdzonerna.

Efter hopsamling av hyggena i grupperna 0—5, 6—10, 11—15, 16—20, 21—25 och 26—30 år efter avverkningen erhålles på samma sätt differenserna: $+0,40$, $-0,06$, $-0,05$, $+0,16$, $+0,10$, $-0,12$, vilka icke tyda på, att hyggesgranens kottsättning under förutsättning av konstant diameter, nämnvärt påverkats av friställningstiden.

Fördelning av materialet efter trädålder i grupperna 50—99, 100—149 och 150— år gav till resultat differenserna: $-0,01$, $+0,03$ och $-0,02$. Även trädåldern synes således ha saknat större betydelse för kottsättningens riklighet vid given diameter.

Andra trädvariabler, såsom t. ex. årsringsbredd, toppskott m. m., kunna säkerligen tänkas ha utövat inflytande på kottsättningen. De äro emellertid icke observerade för det nu aktuella materialet.

Av fig. 1 framgår, att funktionen (1) väl utjämnar materialet inom diameterområdet 5—30 cm. Potensformen förorsakar emellertid att funktionen växer alltför hastigt för högre diametervärden, varför den, som också synes av fig. 1, icke kan extrapoleras åt höger utanför det angivna området. Vidare bör givetvis beaktas, att funktionen endast gäller för granfröskörden 1942—43 inom de representerade områdena mellan 62° och 65° n. br. Kottskörden under andra fröår kan mycket väl tänkas följa en annan funktion än (1). I själva verket finns emellertid grundad anledning tro, att kottskörden per träd i medeltal för ett flertal år riktigt återges av en potensfunktion inom diameterområdet 5—45 cm, ehuru möjligen med en något lägre potens än 2,65. Det torde bli tillfälle att i annat sammanhang återkomma till denna fråga.

I tab. 4 har kottproduktionen per träd uträknats för vissa diametervärden. De i tredje kolumnen angivna relationstalen ha erhållits genom att dividera samtliga kottvikter per träd med 10-cm trädets kottvikt 0,32. Relationstalen uttrycka alltså kottproduktionen för träd av olika diametrar i 10-cm trädets kottproduktion som enhet.

Vi finna av tabellen att kottproduktionen anmärkningsvärt snabbt ökar med stigande diameter hos hyggesgranen. Ett 15 cm:s träd har givet nära 3 gånger så mycket kott som ett 10 cm:s träd, ett 20 cm:s träd mer än 6 gånger och ett 30 cm:s träd mer än 18 gånger så mycket. Kottproduktionen ökar snabbare än grundytan, vilket omedelbart framgår av potensen 2,65 i formel (1). Kottvikten per kvadratdecimeter grundyta i brösthöjd har uträknats i tab. 4, fjärde kolumnen och relationstalen med 10 cm:s trädets kottproduk-

Tab. 4. Kottproduktionen 1942—43 per träd och per dm² grundyta för olika diametrar jämte vissa relationstal.

Cone production 1942—43 per tree and per dm² basal area for various diameters and certain indices.

Diam. p. b. cm	Kottvikt per träd Cone weight per tree kg	Relationstal Index	Kottvikt per dm ² grundyta Cone-weight per dm ² basal area kg	Relationstal Index
5	0,05	0,16	0,26	0,73
10	0,32	1,00	0,40	1,00
15	0,94	2,97	0,53	1,33
20	1,99	6,28	0,64	1,59
25	3,59	11,33	0,73	1,83
30	5,83	18,39	0,83	2,06

tion som enhet i sista kolumnen. Av denna framgår t. ex., att ett 30 cm:s träd givit något mer än dubbelt så mycket kott per dm² grundyta som ett 10 cm:s träd. Fig. 2 illustrerar den ur (1) beräknade kurvans gång genom materialets observerade medelvärden.

För att möjliggöra transformering av kottvikten i tab. 4 till andra enheter meddelas i detta sammanhang följande uppgifter.

Kottvikt i kg per
cm² grundyta

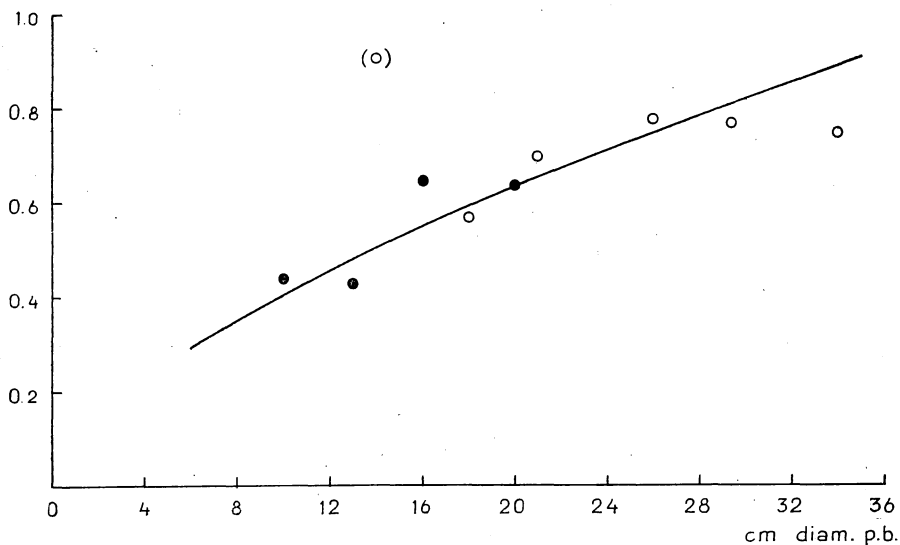


Fig. 2. Sambandet mellan kottvikt per cm² grundyta och brösthöjdsdiameter.
Relation between cone-weight in kgs per cm² basal area (kottvikt i kg per cm² grundyta) and diameter at breast height (cm diam. p. b.).

I medeltal vägde 1 liter kott 0,325 kg, varför 1 kg kott motsvarar av 3,077 liter.

Tusenkovnikten var 3,52 gram och utbytet av frö per hl kott 0,814 kg. Härur finna vi att hyggesgranen givit 0,0250 kg frö per kg kott. Vidare innehåller 1 kg frö 286 000 frökorn och 1 kg kott ger i utbyte 7 150 frökorn.

Hyggesgranen och granskogshyggenas föryngring

Vid den förut citerade undersökningen av föryngringen på obrända norrländska hyggen i granskog (TIRÉN, 1945, 1950), nedan kallad »hyggesundersökningen», visade det sig, att antalet fröträd spelade en ej oviktig roll för återväxtens riklighet. Det framgick vidare, att föryngringseffekten hos ett och samma antal fröträd kraftigt avtog med stigande höjd över havet. Föryngringseffekten kan emellertid, som också framhölls, bero på flera saker. Å ena sidan kunna fröträden i höjdlägena ge mindre och sämre frö än i låglägena. Åtminstone den sämre fröbeskaffenheten torde få anses bevisas bl. a. genom EDV. WIBECKS tidigare undersökningar. Å andra sidan kunna höjdlägenas klimatiska förhållanden missgynna föryngringens uppkomst, direkt och indirekt via deras inverkan på markvegetation och humuslager. Det torde vara av rätt stort intresse att, huvudsakligen på grundval av i denna uppsats framlagt material samt opublicerat material från »hyggesundersökningen» söka belysa dessa frågor något närmare. En detaljerad och fullt stringent bearbetning kan icke nu åstadkommas; vi få tvärtom nöja oss med rätt grova approximationer. Möjligen kan vad nedan säges likväl bidra att väcka intresse för dessa viktiga norrländska föryngringsfrågor.

Till en början skola vi söka visa vilka dimensioner hyggesgranen i allmänhet hade vid huggningen. Från »hyggesundersökningens» storprovtytor äro granfröträdens dimensioner vid undersökningstillfället kända liksom även de 5 sista årsringarnas bredd. I brist på noggrannare underrättelse om årsringsutvecklingen anta vi, att hyggesgranens årsringsbredd vid huggningen var 0,3 mm, vilket är något mer än vad de sämsta granarna uppvisade vid undersökningstillfället. Efter en enkel utjämning av årsringsbredden över diametern vid undersökningstillfället kan därefter diametern vid huggningen beräknas. Särskild hänsyn till höjdläget visade sig härvid obehövlig. Resultatet av denna beräkning framgår av tab. 5, som avser frisk mark av ristyp och ris-lågörttyp.

Det visar sig att den på hyggena kvarställda granen haft ungefär samma dimensioner inom alla höjdlägen och inom alla hyggesåldersgrupper. Dimensionerna äro genomgående mycket små och det är alldeles tydligt, att praktiskt taget endast icke avsättningsbara granar kvarlämnats att efter förmåga sörja för fröbesåningen.

Tab. 5. **Beräknad diameter i cm hos huggesgranen vid hyggningen.**
Calculated diameter in cm for Clearing Spruce at logging.

Höjd över havet Height above sea- level m	Hyggesålder i år Clearing-age, years					Medeltal Mean
	0—9	10—14	15—19	20—24	25—	
100—199	11,5	12,2	12,6	8,4	10,6	11,1
200—299	—	11,2	11,4	10,9	—	11,2
300—399	10,8	11,9	9,0	12,0	8,4	10,4
400—	14,0	11,1	11,5	12,2	15,9	12,9
Medeltal Mean	12,1	11,6	11,1	10,9	11,7	

Tab. 4 upplyser om att dessa smågranars fröproduktion från början måste ha varit mycket obetydlig. Emellertid ha granarna under hyggestiden småningom ökat i diameter och fröproduktionsförmåga. Man frågar därför: Hur mycket frö har huggesgranen producerat från tiden för huggningen och fram till tiden för hyggesundersökningen?

Vi göra det schematiska antagandet, att årsringsbredden under hyggestiden varit konstant. Om diametern i decimeter vid en viss hyggesålder t_1 betecknas med D_1 , diametern i decimeter vid huggningen = tiden t_0 med D_0 samt tiden räknat från huggningen med t , finna vi, att diametern D vid en viss tid t efter huggningen fås ur formeln:

$$D = \frac{(D_1 - D_0)}{(t_1 - t_0)} \cdot t + D_0.$$

Därur fås genom derivering:

$$dD = \frac{(D_1 - D_0)}{(t_1 - t_0)} \cdot dt$$

och slutligen ur formel (1) summa kottproduktion mellan tidpunkterna t_0 och t_1 :

$$\Sigma K = 0,0868 \frac{(t_1 - t_0)}{(D_1 - D_0)} \cdot \left[D_1^{3,65} - D_0^{3,65} \right] \dots \dots \dots (2)$$

Det bör observeras, att diametern här uttryckts i decimeter, medan den i (1) uttrycktes i centimeter. Vidare är det klart, att (2) innebär förutsättningen, att alla år mellan t_0 och t_1 varit lika goda kottår som det undersökta året 1942. I själva verket är i Norrland endast ungefär vart fjärde år ett medelgott eller gott fröår, oberoende av höjdläget (TIRÉN, 1935). Medelkottskörden per år bör därför vara omkring en fjärdedel av de värden, som erhållas ur formel (2) (jfr nedan).

Om vi tills vidare godta denna approximation, finna vi ur formel (2) vissa värden på kottskörden per träd och år inom olika höjdlägen och hyggesåldrar. Fjärdedelen av dessa värden ha uppförts i tab. 6 och äro att betrakta såsom grova närmevärden för medelkottskörden per år under hela hygges tiden. Med kännedom om grobarheten enligt tab. 1 samt det förhållandet, att år 1942 ett kg kott gav i medeltal 7 150 frökorn inklusive tomfrö, kan det antal grobara frön, som motsvarar medelkottskörden per år i de olika höjdlägena, lätt beräknas. Dessa värden ha införts i tab. 6, nedersta raden.

Tab. 6. **Medelkottskörd i kg per träd och år i olika höjdlägen och hyggesåldersgrupper.**

The average cone-yield in kg per tree and year at different height-levels and clearing age-groups.

Hyggesålder, år Clearing age, years	Höjd över havet, meter Height above sea level, metres				Medeltal Mean
	100—199	200—299	300—399	400—	
0—9	0,141	—	0,121	0,229	0,164
10—14	0,182	0,149	0,172	0,146	0,162
15—19	0,219	0,175	0,103	0,178	0,169
20—24	0,105	0,178	0,219	0,225	0,182
25—	0,189	—	0,125	0,426	0,247
Medeltal	0,167	0,167	0,148	0,241	
Mean					
Motsv. antal frön	1 194	1 194	1 058	1 723	
Corresp. number of seeds					
D:o grobara frön	782	785	623	885	
Ditto fertile seeds					

Det torde vara av ett visst intresse att jämföra ovannämnda beräkning med HEIKINHEIMOS (1948 och tidigare) mångåriga undersökningar över fröfallet i olika bestånd. Därtill lämpar sig bäst fem fröträds- och skärmställningar från VILPPULA (62°5' n. br.), vilka innehöllo från 36 till 196, i medeltal 76 träd per ha, varav så vitt ur tabellerna kunnat utläsas ungefär 14 st. utgjordes av gran. Skörden av granfrö i dessa bestånd var under en period av 20 år i medeltal 13 frön per år och m² markyta. År 1942 var skörden 72 frön per m². En fjärdedel härav är 18 frön. Denna siffra avviker icke alltför mycket från det observerade medeltalet 13. Vi kunna därför med rätt stor tillförsikt anta, att fjärdedelen av 1942 års granfröskörd i själva verket ger en god approximation till den genomsnittliga fröproduktionen per år under en längre tidsperiod.

Ett närmare studium av tab. 6 visar nu, att kottskörden per träd nått och jämnt skönjbart röjer en tendens att öka med stigande hyggesålder. Detta förefaller märkvärdigt med hänsyn till det faktum, att träden under så långa växttider som 20—25 år avsevärt måste öka i diameter och på grund härav

enligt formel (2) även måste ge ökad kottproduktion. Emellertid visar tab. 5 att hyggesgranens genomsnittliga diameter vid huggningen stadigt sjunker från åldersgruppen 0—9 till och med gruppen 20—24 år, för att i gruppen 25—åter visa någon ökning. Dessa skillnader i utgångsläge spela en ofantligt stor roll för de kommande kottskördarnas storlek. Trots att diameterskillnaderna i tab. 5 förefalla obetydliga, äro de likväl i stånd att i det närmaste motväga den ökning av kottskördens genomsnittliga storlek, som är den nödvändiga följden av diametrarnas tillväxt under hyggestiden.

Redan av tab. 4 framgår fullt klart, att det ur fröbesåningssynpunkt måste vara fördelaktigt att på hyggena kvarställa så grova granar som förhållandena medge. Risker för stormfällning och grantorka drar visserligen en gräns för dimensionen, som det är farligt att överskrida. Emellertid är det uppenbart, att i många fall granar med 15—20 cm:s diameter och långa, väl utvecklade kronor ha stora utsikter att hålla sig kvar på hyggena.

För att vinna en föreställning om hur mycket bättre en grövre gran är än en klenare med hänsyn till den genomsnittliga fröproduktionen, måste vi som tidigare beakta granarnas diametertillväxt. Vi ha ur material från hyggesundersökningen funnit, att den årliga diameterökningen under hela hyggestiden utgör följande belopp, vilka erhållits från träd inom höjdlägena 100—199 och 300—399 m ö. h. samt alla hyggesåldersgrupper.

Diameter vid huggningen, cm Diameter at felling, cm	Årlig diameter- ökning, cm Annual increase in diameter, cm
10	0,206
15	0,226
20	0,214

Vi beräkna nu t. ex. den genomsnittliga kottskörden per år från en gran, som vid huggningen hade 10 cm diameter. Vi anta att hyggestiden är 22 år. Under denna tid växer granen ut till 14,5 cm. Vi ha alltså i (2) $D_1 = 1,45$ och $D_0 = 1,00$. Vidare är $t_1 = 22$ och $t_0 = 0$. Summa kottproduktion är då 12,232 kg och fjärdedelen härav är 3,06 kg/år.

För en gran, som vid huggningen hade 15 cm diameter får man på samma sätt en årlig kottproduktion under 22 år av 7,79 kg/år, vilket är 2,5 gånger så mycket som för 10 cm:s granen. Om man med utgångsdiametern 15 cm beräknar den årliga kottproduktionen under en hyggestid av 13 år, finner man värdet 3,88 kg/år. 15-cm granen ger alltså något mer frö på 13 år än vad 10-cm granen gör på 22 år. Om hyggestiden är så lång som 22 år, måste man, för att uppnå samma besåning som av 10 granar med 15 cm diameter, ställa 25 granar med 10 cm diameter. Är hyggestiden endast 10 år, ökas fordran från 25 till 27 10-cm:s granar.

Dessa exempel torde vara nog för att visa, att redan en så förhållandevis ringa ökning av hyggesgranens utgångsdiameter som från 10 till 15 cm i brösthöjd i genomsnitt medför en högst avsevärd ökning av kottproduktionen och därmed också av den producerade frömängden under hyggestiden.

Man kan nu ställa följande intressanta fråga: Vilken betydelse ur föryngringssynpunkt har den ökade fröproduktion, som blir följden av att ställa grövre granfröträd, än som hittills varit vanligt?

För att belysa denna fråga måste vi liksom tidigare anta, att fröproduktionen i medeltal för en längre följd av år approximativt anges av fjärdedelen av 1942 års fröproduktion. Vidare måste vi förutsätta, att plantuppslagets riklighet på en viss lokal och efter en viss bestämd tid approximativt står i direkt proportion till besåningsintensiteten. För korthetens skull förbigås ett närmare klarläggande av det rimliga i denna förutsättning. Vi hålla oss i fortsättningen inom de gränser, där den kan anses vara åtminstone närmelsevis riktig.

Nyssnämnda förutsättning jämte det faktum, att större granfröträd ge mera frö än mindre, visar i första hand att föryngringsresultatet förbättras genom att man ställer grövre fröträd. Den viktiga frågan är emellertid hur stor denna förbättring är.

I tab. 6 har den årliga medelskörden av grobara frön beräknats inom olika höjdlägen. Siffran avser endast fröträden. Till det frö, som produceras av dessa kommer emellertid ett litet tillskott av frö från omgivande bestånd. Enligt samstämmiga fröspridningsundersökningar av HESSELMAN (1938—39) och HEIKINHEIMO (1948) nedfaller visserligen huvudparten av fröet från en beståndskant inom det närmaste femtiotalet meter från denna. Men fröfallet har icke upphört ännu på flera hundra meters håll, utan fortsätter med ett närmelsevis konstant belopp av uppskattningsvis omkring 4 frön per m² under ett gott fröår. Räkna vi med fjärdedelen härav såsom medelbesåning per år och med 50 % grobarhet, få vi som närmevärde 5 000 grobara frön per ha och år i medeltal för en längre tid. Detta belopp, som åtminstone på lägre höjd över havet och för små hyggen torde vara lågt räknat, bör alltså adderas till den fröbesåning per ha och år, som kommer från hyggesgranen.

Denna besåning åter kan lätt beräknas ur nedersta raden i tab. 6 samt följande uppgifter om genomsnittsvärdena för antal granfröträd per ha.

Höjdläge Height-level	Hyggesålder Clearing-age	Antal granfröträd Number of Spruce seed-trees
100—199 m	14,4 år	14,7
200—299 »	14,1 »	8,3
300—399 »	15,6 »	29,6
400— »	16,6 »	59,3

I denna sammanställning har även hyggesålderns genomsnittsvärden medtagits för att möjliggöra beräkning av fröfallet under hela hyggestiden.

Fröfallet per år och ha samt per ha under hela hyggestiden blir nu räknat i grobara frön följande i tab. 7 anförda belopp, inklusive fröet från omgivande bestånd.

Tab. 7. **Antal grobara frön per ha.**

Number of fertile seeds per hectare.

Höjdläge, m Height-level, m	Grobara frön per år och har Fertile seeds per year and hectare	D:o under hela hygges- tiden Ditto for whole clearing-time
100—199	16 500	237 500
200—299	11 500	162 400
300—399	23 400	365 700
400—	57 500	954 200

Då nu antalet granplantor, som funnos på marken vid hyggesundersökningen 1939—42, voro, i fallande serie med stigande höjd över havet: 3 946, 1 624, 1 056 och 369, kan man beräkna det procenttal av det grobara totalutsädet, som givit upphov till de vid undersökningen befintliga plantorna. Detta procenttal är ett slags »plantprocent» för obrända granskogshyggen av frisk ristyp eller ris-lågörttyp vid naturlig förryngring. Plantprocenten är icke oberoende av hyggesåldern, vilket man lätt inser av det förhållandet, att plantantalet på ett hygge icke tillväxer proportionellt mot tiden, utan i långsamare takt. I nedanstående tab. 8 har den avseende på en hyggesålder av efter avrundning i medeltal 15 år. Siffrorna kunna naturligtvis endast göra anspråk på att ge en ungefärlig föreställning om plantprocentens storleksordning.

Tab. 8. **Antal behållna granplantor per ha i procent av under hyggestiden nedfallet, grobart frö. Hyggestid 15 år.**

Number of spruce-seedlings obtained per hectare, as a percentage of the fertile spruce-seed fallen during the clearing-time. Clearing-time 15 years.

Höjdläge, m Height-level, m	Procent plantor Percentage of seedlings
100—199	1,66
200—299	1,00
300—399	0,29
400—	0,039

Man finner av tab. 8 att plantprocenten avsevärt sjunker med stigande höjd över havet. I hyggesundersökningen (TIRÉN, 1950, tab. 14) har visats, att plantantalet av barrträd vid viss hyggesålder och visst antal fröträd

även kraftigt sjunker med stigande höjd över havet. Genom att beräkna medeltalet av plantprocenterna i tab. 8 och uttrycka de observerade värdena i medeltalet som enhet, få vi de fyra observationerna överförda till relativa tal. För jämförelsens skull utföres samma operation med besåningen av grobara frön samt med antalet plantor av *tall* + *gran* enligt tab. 14 i hyggesundersökningen för hyggesåldern 15 år och 30 fröträd per ha. Vi få härigenom följande tre serier relativa tal:

Höjdläge, m. Height-level, m.	Plantprocent Seedling-percentage	Relativa tal för Relative figures for	
		Grobara frön Fertile seeds	Plantantal, <i>tall</i> + <i>gran</i> Number of seedlings, pine + spruce
100—199	.2,22	0,55	2,51
200—299	1,34	0,38	1,04
300—399	0,39	0,85	0,35
400—	0,05	2,22	0,09

Likheten mellan den outjämnade, observerade plantprocentserien och den genom korrelation utjämnade plantantalsserien är påfallande. Den senare serien innefattar 46 % tallplantor, varav bl. a. den slutsatsen kan dras, att tall och gran uppföra sig i huvudsak lika vid stigande höjd över havet. De båda serierna visa också, att man vid hyggesundersökningen med all sannolikhet skulle ha gjort en ganska obetydlig vinst genom att använda någon annan fröträdsvariabel än fröträdsantalet. Å andra sidan avvika dessa två serier avgjort från den mellersta, som anger besåningsintensiteten.

Plantprocenten i tab. 8 visar, att den med stigande höjdläge starkt avtagande naturliga föryngringen icke i främsta rummet kan tillskrivas en samtidigt avtagande eller kvalitativt försämrade fröbesåning. Detta framgår även vid jämförelse med grobarhetsvärdena i tab. 1 och utsädesmängderna i tab. 6. Av de senare ser man, att det största antalet grobara frön per träd producerats i höjdläget ovan 400 m. Tab. 7 och ovanstående uppställning visa även, att årsproduktionen av grobart frö är avsevärt större i detta höjdläge än i de övriga. Detta ganska oväntade förhållande förklaras av hyggesgranens förhållandevis stora diameter vid huggningen (tab. 5) samt dess betydande antal inom detta höjdläge.

När nu plantprocenten, d. v. s. antalet vid 15 års hyggesålder behållna granplantor i procent av det under 15 år nedfallna, grobara granfröet, likväl är omkring 42 gånger så stor i höjdläget 100—199 m som i höjdläget 400— m, så måste detta bero därpå, att betingelserna för plantornas uppkomst eller deras möjligheter att fortleva, sedan de väl kommit till, eller slutligen båda delarna, äro oerhört mycket sämre i det högre höjdläget än i det lägre.

Det är följaktligen klimatet och dess verkan på mark, vegetation och plan-
tor, som i främsta rummet förorsakar föryngringssvårigheterna på de
obrända granskogsmarkerna i höjdlägena. Men man bör därav icke alltför
hastigt dra den slutsatsen, att föryngringsfrågan i Norrland alls icke är en
fröfråga. Tankegångar i den riktningen ha då och då skymtat i den skogliga
diskussionen. De innebära emellertid en stark förenkling av problemet. På
de följande raderna skola vi söka belysa denna och en del angränsande frågor.
Hela tiden böra vi vara medvetna om, att vi röra oss med approximationer
och i vissa fall med rätt stela schabloner.

I fortsättningen betrakta vi problemet så, som om det endast vorö fråga om
hyggesgran och granföryngring. Till en början beräkna vi den årliga medel-
produktionen av kott från en hyggesgran med 15 och en med 20 cm diameter
vid huggningen under antagande av 15 års hyggestid. De två värdena bli
0,311 resp. 0,612 kg kott per år. Med kännedom om antalet frökorn per kg
kott (7 150 st.), grobarhetsvärdena i tab. 1, kantbesåningen (5 000 grobara
frön per år och ha), de observerade fröträdsantalen (sid. 13) samt de out-
jämnade plantprocenterna (tab. 8) kan nu det antal granplantor per ha be-
räknas, som borde ha funnits efter 15 års hyggestid. Vi finna följande plant-
antal för en utgångsdiameter av 15 cm, varvid för jämförelsens skull de out-
jämnade, observerade plantantalen för de i tab. 5 angivna utgångsdiametrarna
även anföras, ehuru dessa plantantal icke gälla exakt för 15 års hyggesålder
(jfr sid. 13).

Höjdläge, m Height-level, m	Fröträds- antal Number of seed-trees	Plantantal Number of seedlings	
		observe- rat observed	för 15 cm utg. diam. for 15 cm original diam.
100—199	14,7	3 946	6 574
200—299	8,3	1 624	3 057
300—399	29,6	1 056	2 439
400—	59,3	369	426

Det är härav tydligt, att en ökning av utgångsdiametern från 10 à 11 cm
till 15 cm medför en avsevärd ökning av plantantalet. Å andra sidan är det
också klart, att hur nyttig denna ökning än kan vara, om vi samtidigt ta de
befintliga tallplantorna i betraktande, så räcker den icke till att i och för sig
ge en nöjaktig föryngring ens i höjdlägen under 300 m. Med »nöjaktig föryn-
gring» avses här och i fortsättningen de plantantal, som till ledning anges i
Kungl. Skogsstyrelsens anvisningar rörande tillämpningen av skogsvårds-
lagen (1949, sid. 63).

För att nå bättre och snabbare resultat är därför även en ökning av frö-
trädsantalet nödvändig. Enligt hyggesundersökningen står plantantalet

under konstanta förhållanden i övrigt i ett svagt bågformigt samband med fröträdsantalet. Kurvan är emellertid mycket flack och kan för nu aktuella ändamål tillräckligt väl approximeras av en rät linje intill fröträdsantal av omkring 50 st. per ha (fig. 3). Sedan effekten av kantbesåning och besåning från fröträd utanför fröträdsytorna (jfr hyggesundersökningen) frånräknats, ger denna linje en direkt proportionalitet mellan plantantal och fröträdsantal intill nämnda gräns.

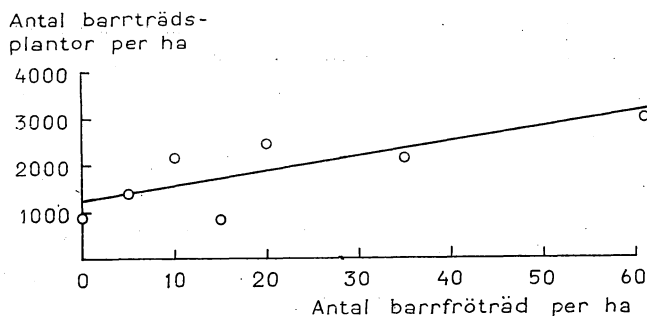


Fig. 3. Sambandet mellan antal barrträdsplanter och antal barrfröträd per ha.
Relation between number of coniferous seedlings (antal barrträdsplanter) and number of coniferous seed-trees (antal barrfröträd) per hectare.

Vi beräkna nu som ett exempel antalet granplanter per ha under förutsättning av 15 cm utgångsdiameter och 50 hyggesgranar per ha. Resultatet blir nedanstående.

Höjdläge, m Height-level, m	Plantantal Number of seedlings
100—199	19 400
200—299	12 150
300—399	3 600
400—	362

Effekten i de lägre höjdlägena är utomordentligt stark. Siffrorna antyda, att om tillräckligt grova och många granfröträd kunna kvarställas på de obrända hyggerna, så kan den naturliga granföryngringen endast därigenom gott och väl bringas upp över nöjaktighetsnivån inom höjdlägen upp till omkring 300 m ö. h. Ovanför denna nivå äro föryngringsförhållandena däremot fortfarande otillfredsställande.

Det är visserligen icke sannolikt, att man i allmänhet på hyggerna kan kvarställa granar med så stor diameter som 20 cm. Men det kan likväl vara av intresse att se, vilket resultat man i genomsnitt har att vänta sig, för den händelse det skulle vara möjligt. Vi finna för en utgångsdiameter av 20 cm

och 50 fröträd per ha följande plantantal per ha i höjdlägena ovanför 300 m ö. h.

Höjdläge, m Height-level, m	Plantantal Number of seedlings
300—399	6 400
400—	690

Inom länsgрупп III anses i höjdläget 300—399 m en föryngring vid 15 års hyggesålder böra hålla omkring 6 500 plantor per ha för att skäligen kunna räknas som nöjaktig. Man borde följaktligen i det ifrågavarande området kunna åstadkomma en nöjaktig, naturlig granskogsföryngring upp till närmare 400 m ö. h. Detta ligger dock inom möjligheternas gränser endast under synnerligen gynnsamma beståndsförhållanden. I regel torde man böra räkna med att gränsen för möjligheterna att enbart genom huggning och hyggesrensning frambringa en nöjaktig naturlig föryngring i dessa trakter i allmänhet icke löper mycket ovanför 300 m ö. h. Så är med största sannolikhet fallet även om man tar hänsyn ej endast till hyggesgranens fröproduktion, utan även till de ovanför 300 m i allmänhet på de friska granmarkerna rätt sparsamt förekommande tallfröträdens. Även för att uppnå denna gräns måste all möjlig omsorg ägnas åt att på hyggena kvarställa ett betydande antal väl fördelade, relativt grova och rikt kottbärande fröträd.

Av den föregående utredningen synes otvetydigt framgå, att föryngringsfrågan på de här avhandlade marktyperna i själva verket till ganska väsentlig del är en fråga om tillräcklig fröbesåning på hyggena. Det faller av sig självt att de vinster, som väl utförda föryngringshuggningar enligt det föregående synas ställa i utsikt, icke inskränka sig till en invinning av omkring en hundrameters höjdzon under de naturliga föryngringsmöjligheternas rayon. Detta är i och för sig mycket nog, men dessutom tillkommer inom de lägre höjdlägena den betydande fördelen av kortare föryngringstider och mera likåldriga och därför jämnare och kvalitativt bättre återväxter.

Beståndsförhållanden, markbeskaffenhet och klimat börja emellertid redan vid 300-metersnivån att gäcka även de bästa ansträngningar att endast med yxans hjälp åstadkomma nöjaktig föryngring av den gamla granskogen. Ris- och lågörttyperna vid denna höjd över havet äro dock alltför bra, för att detta bör få stå som ett hinder för föryngringsarbetet.

Enligt opublicerat material från den sista rikstaxeringen ha vi t. o. m. i Norrbotten en genomsnittlig idealbonitet av omkring 2,5 m³/ha, motsvarande JONSONS VI bonitet, ända uppe vid höjdlägen av omkring 400 m ö. h. I Gävleborgs län nås denna genomsnittsbonitet först upp emot 600 m ö. h. Det är visserligen omöjligt att med visshet säga vad dessa boniteringar äro värda, men det torde å andra sidan knappast vara möjligt att nu

uppbringa några, som äro bättre. Om därför de ovan som exempel meddelade siffrorna accepteras, måste vi dra den slutsatsen, att en mycket stor del av de norrländska skogsmarkerna ovanför 300 metersnivån kunna bära kostnaden för åtminstone vissa mindre dyrbara föryngringsåtgärder.

Enligt vad vi ovan funnit kan varken en ökning av fröträdsantalet eller av fröträdens dimensioner eller bådadera i och för sig väntas medföra ett tillfredsställande resultat ur föryngringssynpunkt i de högre höjdlägena. Utom åtgärder av detta slag, vilka avse att säkerställa en så rik fröbesåning som möjligt, måste därför även sådana åtgärder övervägas, som syfta till en ökning av plantprocenten.

Man har därvid för närvarande två alternativ att välja på, om vi lämna kombinationen av dem ur räkningen såsom onödig ur diskussionssynpunkt. Det ena alternativet är markberedning under fröträd, det andra bränning under fröträd. Båda dessa metoder äro effektiva medel att höja plantprocenten. Många forskningsuppgifter återstå att lösa, innan dessa metoder under skiftande skogliga förhållanden kunna bringas att fungera med rutinmässig säkerhet. Här behöver endast erinras om exempelvis traktor- och redskapsproblemet samt problemet om bränning under granfröträd. Dessa och en del därmed sammanhängande organisatoriska frågor måste få en effektiv och ändamålsenlig lösning, om icke stora vidder inom de norrländska höjdlägenas granskogsmarker för lång tid framåt mer eller mindre skola bli ett ekonomiskt impediment. Mycket talar dock för att en tillfredsställande lösning av dessa problem ligger inom räckhåll. Samtidigt med de tekniska framstegen måste emellertid, enligt vad vi ovan sökt belysa, även omsorgen om föryngringshuggningarna skärpas. I en sammanträngd och något tillspetsad form torde man kunna karakterisera läget på följande sätt: På de svagare höjdlägesmarkerna, som ej tåla sådd eller planteringskostnader, äro markberedning och bränning meningslösa, om man ej samtidigt sörjt för tillräckligt många och goda fröträd. Å andra sidan äro fröträden meningslösa, om man ej sörjer för en effektiv markberedning eller bränning.

Litteratur

- HEIKINHEIMO, O., 1948. On the seeding capacity of forest trees III. — *Comunicat. Inst. Forest. Fenniae*, 35:3. Även 17:3, 1932 och 24:4, 1937.
- HESSELMAN, H., 1938—39. Fortsatta studier över tallens och granens fröspridning samt kalhyggets besåning. — *Medd. fr. stat. skogsförsöksanst.*, 31. Även 27; 1932—34.
- TIRÉN, L., 1935. Om granens kottsättning, dess periodicitet och samband med temperatur och nederbörd. — *Medd. fr. stat. skogsförsöksanst.*, 28.
- , 1945. Erfarenheter av naturlig föryngring i Norrland. — *Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. Ser. Uppsatser nr 2*. Även i *Sv. skogsv.fören. tidskr.* nr 2.
- , 1950. Om den naturliga föryngringen på obrända hyggen i norrländsk granskog. — *Medd. fr. stat. skogsforskn.inst.*, 38:o.

Abridgement

On Clearing-Spruce and its Significance to the Reforestation of Spruce Forest Clearings in Northern Sweden

During the good spruce-seeding year 1942—43 a good opportunity arose to study the nature of the seed from spruce that had been left standing in clearings in Northern Sweden, and to form some idea of the seed quantities produced by these spruce. Both these questions are of great interest, since the natural reforestation of spruce in middle and northern Norrland is very largely dependant upon the spruce of poor quality which remains in the clearings. We shall henceforth call these spruce "clearing-spruce". They are a sort of seed-tree or "seed dispersers". Not infrequently they are mixed with stunted small trees of a poor type and themselves are often far from good quality. In such cases they are sometimes called "remnant spruce". According to inspections carried out by us (TIRÉN, 1945, 1950) the clearing-spruce functions in fact as a seeding tree, even though its efficiency often appears to be very insignificant. Of the reforestation in the spruce forest clearings, the greater part seems in spite of everything to stem from clearing-spruce, whilst the contribution from any forest borders surrounding them is on an average relatively speaking limited (cf. HESSELMAN, 1938—39), though not in general to be ignored.

This study has been applied to both clearing-spruce, and also, for the sake of comparison, to exploitable spruce in stands. From each site, cones from 8—12 test-trees have been examined. As to the clearing-spruce, the test-trees were selected representatively from within a certain staked-out area. The material from the exploitable spruce comprehends 8—12 trees within each site, selected from among the better trees on the site, marked for felling in 1942—43.

Qualities of the Seed in Clearing-Spruce

The germinative capacity after 30 days in the seed of the clearing-spruce proved to be as high as that of the seed from exploitable forests. This appears clearly in Table I which shows the average germination percentage within four different levels of altitude. The germinative capacity of the seed has been determined for the seed as it falls from the cone, that is, without the empty seed being blown away.

The negligible differences between clearing spruce and exploitable spruce at the same height above sealevel is entirely without significance. Thus, it would seem that this year, at least, the clearing-spruce produced seed equally germinative with that of the old forests at the same altitude. If the clearing-spruce does not stand in the highest class as a seed-tree, this does not therefore seem to depend in general on poor germination capacity in its seed.

In this connection, it is not without interest also to study the 1 000-seed weight and the seed-quantity per hectoliter cones. The 1 000-seed weight at different levels appears in Table 2.

Nor does the 1 000-seed weight give rise to any reflections as to value of the seed of clearing-spruce. As with the germination capacity, the seed diminishes as the height above sea-level increases, which is a perfectly normal phenomenon, but

values so low that they become troublesome do not appear until a height of above 500 metres above sealevel is reached.

The seed-quantity in kilograms per hectolitre cones appears in Table 3.

Even if we exclude the level 0—99 metres above sealevel, at which the clearing-spruce had suffered from bad insect damage, it is possible that this table might give rise to a suspicion that the clearing-spruce has produced on the average a lower seed-quantity than the exploitable spruce. The average quantity in the region above 100 metres above sealevel is 0.833 for clearing-spruce and 0.951 kg/hl for exploitable spruce, a difference of 0.118 kg/hl.

Statistical studies show that this difference could have arisen out of pure chance in exactly 5 cases out of 100, if both series are random samples from a spruce population yielding the same seed quantity per hl. The difference is thus «significant», but cannot be said to be established beyond all reasonable doubt. For the separate height-groups the difference is in no case significant, though the group for the height 300—399 metres above sealevel is very near the 5-percent limit. With Table 3 as the only source of information, it is hardly possible to say more than that: — It is possible, but not to any high degree probable, that clearing-spruce has on an average given a lower seed-quantity than exploitable spruce yields.

Clearing-Spruce's Cone Production

The cone production has been measured in kilograms of fresh cones. Since 1 litre cones from clearing-spruce weighed on an average 0.325 kg, irrespective of height above sealevel, a conversion from kilograms to litres can be made by multiplying the cone-weight in kilograms by 3.08.

With the cone-weight per tree as dependent variable, a correlation was carried out in which the height above sealevel in metres, the number of years after logging, the breast height diameter in cm, and a combination between this and the number of years after logging, formed the independant primary variables. The result was that only the relation between the cone weight and the diameter proved significant (cf. below). The standard error for all the other coefficients was 100 %, or more of the value of the coefficient itself. By retaining only the diameter, the following function for calculating the cone-weight produced per tree was obtained.

$$K = 0.317 (D/10)^{2.65} \dots\dots\dots (1)$$

K being the cone weight in kgs and D the diameter in cm at breast height. The function is applicable within the range from 5 to 30 cm diameter. Fig. 1 shows the curve and the points for the material, the totally black points referring to the clearing-spruce and the other to exploitable spruce. The connection between the two sorts of spruce in the joint between 16 and 20 cm diameter occurs unforcedly, which shows that the whole material can be evened out into one and the same curve.

In Table 4 the cone production per tree has been calculated for certain diameter-values. The relative figures in the third column have been obtained by dividing all the cone weights per tree by the cone weight of the 10-cm tree, viz. 0.32. The indices therefore express the cone production for trees of different diameters in terms of the 10-cm tree's cone production as a unit.

It appears from the table that the cone production increases with remarkable rapidity, with increasing diameter in the clearing-spruce. A tree of 15 cm yields

nearly 3 times as much cones as a 10 cm tree, a 20 cm tree more than 6 times as much, and a 30 cm tree more than 18 times. The cone production rises more rapidly than the basal area, which at once appears from the power 2.65 in the formula (1). The cone production per square decimeter basal area at breast height has been calculated in Table 4, fourth column, and the relative figures with 10-cm tree's cone production as unit in the last column. From this appears that, e. g., a 30-cm tree has yielded rather more than double as many cones per dm² basal area as a 10-cm tree yields. Fig. 2 illustrates the trend of the curve as calculated from (1) through the observed mean values of the material under consideration.

To make possible a transformation of the cone weight in Table 4 into other units, the following information is appended in the present context.

On an average, 1 litre cones weighed 0.325 kg, whence one kg cones corresponds to 3.077 litres.

The 1 000-seed weight was 3.52 grams and the quantity of seed per hl cones, 0.814 kg. From this we find that the clearing-spruce has yielded 0.0250 kg seed per kg cones. Furthermore, 1 kg seed contains 286 000 seeds, and 1 kg cones yields a quantity of 7 150 seeds.

Clearing-Spruce and the Reforestation of Spruce Forest Clearings

In the study, cited above, of the reforestation of unburned clearings in Norrland's spruce forests (TIRÉN, 1945, 1950), henceforth to be called the "clearing study", it appeared that the number of seed-trees played a not insignificant role in relation to the richness of the new regeneration. It further appeared, the regenerative effects in one and the same number of seed-trees swiftly diminished with rising height above sealevel. The regenerative effects may also, as stated in that study, depend upon various circumstances. On the one hand, seed-trees at high levels may give poorer and less seed than at low levels. At least, the poorer quality of seed would seem to be proven in EDV. WIBECK's earlier studies, among others. On the other hand, it is possible that the climatic conditions at the higher altitudes have an adverse effect on regeneration, both directly and indirectly, via their influence on ground vegetation and humus layer. It should be of considerable interest, chiefly with the aid of material chosen from this essay and also unpublished material from the "clearing study", to throw some light on these questions.

To begin with, we have to find out what the dimensions of the spruce were at logging. From the "clearing study's" large-sample plots, we know the dimensions of the spruce seed-trees at the time of the study, as we know also the width of the 5 last annual rings. For want of any more exact information as to the growth-ring development, we must suppose that the width of the growth-rings of the clearing-spruce was 0.3 mm at logging time, which is rather more than what the worst spruce showed at the time of the study. By simply smoothing out the growth-ring width over the diameter at the time of the study, the diameter at the time of logging can be calculated. It proved unnecessary to pay any special attention to the height above sealevel in this instance. The results of this calculation appear in Table 5, which refers to healthy forest land of *Vaccinium type* with and without admixture of herbs.

It appears that the spruce remaining on the clearings had about the same dimensions at all height-levels and in all logging-age-groups. Throughout, the

dimensions are very small and it is perfectly clear that virtually only unexploitable spruce had been left standing, to take care of the reforestation to the best of their ability.

Table 4 informs us that the seed-production of these small spruce must have been very insignificant from the beginning. However, during the time elapsed since clearing the spruce increased gradually in diameter and in seeding-capacity. One asks therefore: How much seed did the clearing-spruce produce between the time of clearing and the time when the clearing study was made?

Let us schematically suppose that the width of growth-rings was constant after the logging-year. If the diameter in decimeters at a specific clearing-age t_1 is indicated by D_1 , the diameter in decimeters at felling of the stand (= the time t_0), by D_0 , and the time calculated from felling by t , we find that the diameter D at a specific time t after felling can be obtained by the formula:

$$D = \frac{(D_1 - D_0)}{(t_1 - t_0)} \cdot t + D_0$$

$$\text{From which may be derived: } dD = \frac{(D_1 - D_0)}{(t_1 - t_0)} \cdot dt$$

and finally from the formula (1) the total cone production between the points in time t_0 and t_1 :

$$\Sigma K = 0.0868 \frac{(t_1 - t_0)}{(D_1 - D_0)} \cdot \left[D_1^{3.65} - D_0^{3.65} \right] \dots \dots \dots (2)$$

It should be observed that the diameter has been expressed in decimeters, while in (1) it was expressed in centimeters. It is, furthermore, clear that (2) implies the condition that all the years between t_0 and t_1 were equally good cone-years as the year 1942, when the study was made. In point of fact, only about every fourth year is a good or moderately good seed-year in Norrland irrespective of height-level (TIRÉN, 1935). The average cone-yield per year would thus be about one quarter of the values obtained from formula (2).

If we accept this approximation for the time being, we find from formula (2) certain values for the cone-yield per tree and year at various height-levels and clearing-ages. A quarter of these values have been presented in Table 6 and are to be regarded as rough approximate values for the average cone-yield per year during the whole of the clearing-time. The germination according to Table 1 being known, and also the condition that during the year 1942 one kg cones yielded on an average 7 150 seed-particles, empty seed included, it is easy to calculate the number of fertile seeds corresponding to the average cone-yield per year at different height-levels. These values have been presented in Table 6, the last line.

A closer study of Table 6 now shows that the cone-yield per tree barely but discernibly reveals a tendency to increase as the clearing-age rises. This must seem remarkable when one considers the fact that, during such long periods of as 20—25 years, the trees must considerably increase in diameter and therefore, according to formula (2), must also yield an increased cone-production. However, Table 5 shows that the average diameter of clearing-spruce at logging steadily falls from the age-group 0—9 years to the group 20—24 inclusive; in the group 25—showing, once again, some increase. These differences in starting conditions play

a tremendously important part in relation to the size of the future cone-yields. Despite the fact that the differences in diameter in Table 5 seem to be insignificant, nonetheless they are in a position to all but counteract the increase in the average size of the cone-yield, which is a necessary consequence of the increase in diameters during the clearing-time.

It already is obvious from Table 4 that, from the point of view of seeding, it must be advantageous to leave as large spruce on the clearings as circumstances allow. The risk of stormfall and drying certainly limits the dimension of clearing-spruce, and it is dangerous to exceed this limit. However it is clear that in many cases spruce with 15—20 cm diameter and long well-developed crowns have a good chance of remaining on the clearings.

To obtain some idea of how much better a heavy spruce is than a small one, relative to its seed production, we must once again attend to the diameter-growth of the spruce. We have seen from the material of the "clearing study" that the annual increase in diameter during the whole of the clearing-time constitutes the figures to be found on page 12. These have been obtained from trees within the height-levels 100—199 and 300—399 meters above sealevel, and from all age-groups.

Let us now calculate, for example, the average cone-yield per year from one spruce which, at logging, had a diameter of 10 cm. Let us suppose that the clearing-time is 22 years. During this time the spruce grows to 14.5 cm. Consequently in (2) we have $D_1 = 1.45$ and $D_0 = 1.00$. Further, $t_1 = 22$ and $t_0 = 0$. The total cone production is thus 12.232 kg, and a quarter of this is 3.06 kg/years.

For a spruce which at logging had a diameter of 15 cm, one obtains in the same way an annual cone-production during 22 years of 7.79 kg/years, which is 2.5 times as much as for the 10 cm tree. If from the original diameter 15 cm, one calculates the annual cone production during a clearing-time of 13 years, one obtains the value 3.88 kg/years. Thus the 15-cm spruce yields somewhat more seed in 13 years than the 10-cm spruce yields in 22 years. If the clearing-time is as long as 22 years, 25 spruce with 10 cm diameter, must be left standing in order to obtain the same seeding as is obtained from 10 spruce with 15-cm diameter. If the clearing-time is only 10 years, the requirement rises from 25 to 27 10-cm spruce.

These examples should be enough to show that even so comparatively limited an increase in the original diameter of clearing-spruce as from 10 to 15 cm at breast-height implies on the average a considerable increase in the cone production, and thereby also in the seed quantity produced during the clearing-time.

One can now ask the interesting question: What significance from the point of view of reforestation attaches to the increased production of seed, that follows from leaving stouter spruce seed-trees than has hitherto been usual?

In order to throw light on this question we must once again assume that the average seed-production over a long series of years is approximately given by one quarter of the seed-production of 1942. Another condition is that the abundance of young growth on any one site and after a certain fixed time will stand in some approximate direct proportion to the intensity of the seeding. For the sake of brevity we omit any more detailed exposition of this condition's reasonableness. From now on we shall remain within limits where it can be safely assumed approximately to apply.

This latter condition, together with the fact that a larger spruce seed-tree gives more seed than a smaller tree, shows in the first place that the reforestation results

are improved by leaving stouter seed-trees on the clearings. The important question is, how great this improvement is.

In Table 6 the annual average yield of fertile seed has been estimated for various height-levels. The figure refers only to seed-trees. To the seed which comes from these trees, however, must be added a small quantity of seed from surrounding stands. According to the unanimous seed-dispersal studies made by HESSELMAN (1938—39) and HEIKINHEIMO (1948) the greater part of the seed from the border of a stand certainly falls within some 50 metres from its limits. But the seed-fall has not entirely disappeared even at several hundred metres' distance; it continues with approximately constant seed-quantity, estimated to be about 4 seeds per sq. metre in a good seed-year. If we reckon the quarter of this amount to constitute the average annual seeding, and the germination as being 50 %, we obtain the approximative value of 5 000 fertile seeds per annum per hectare as an average figure over a longer period of time. At least for lower levels and small clearings, this figure would certainly seem to be conservative. It should be added to the seeding per hectare and year derived from clearing-spruce.

Again, this seeding can easily be calculated from the last line in Table 6 and from the information given on page 13, as to the average number of spruce seed-trees per hectare.

In this has been included also the average values for the clearing-age, making possible a calculation of seed-fall during the whole of the clearing-time.

The seed-fall per annum per hectare, together with the seed-fall per hectare for the whole of the clearing-time, the quantities given in Table 7, may now be calculated, seed from surrounding stands inclusive.

Since the number of spruce-seedlings which were found on the ground in 1939—42's study were: 3 946, 1 624, 1 056 and 369, a series falling proportionately as the height above sealevel increases, it is possible to calculate the percentage of the total number of fertile seeds which gave rise to the seedlings existing at the time of the study. This percentage is a sort of "seedling-percentage" for unburned spruce forest clearings of *Vaccinium* type under natural reforestation. The seedling-percentage is not independent of the clearing-age, as can easily be seen from the circumstance that the number of seedlings on a clearing does not increase proportionately to the time-factor, but more slowly. The figures in Table 8 refer to a period of time amounting in round figures to 15 years. These figures can naturally only claim to give an approximate idea of the size of the seedling-percentages.

From Table 8 it appears that the "seedling-percentage" diminished considerably as the height above sealevel increases. In the "clearing study" (see particularly TIRÉN, 1950, Table 14) it has been shown that the number of coniferous seedlings for any clearing-age and number of seed-trees rapidly diminishes as the height above sealevel increases. By calculating the average for the "seedling-percentages" in Table 8, and expressing the observed values in terms of the mean as a unit, we obtain the four results transformed into an index. For the sake of comparison the same process should be carried out for the semination of fertile seeds and for the number of seedlings of *pine* + *spruce*, according to Table 14 in the "clearing study" for the clearing-age 15 years and 30 seed-trees per hectare. Thence we obtain the three series of indices given on page 15.

The similarity between the un-graduated observed seedling-percentage series and the number-of-seedlings series, graduated by correlation, is striking. The

latter series comprises 46 % spruce-seedlings, from which the conclusion may be drawn, among others, that pine and spruce behave much the same as the height above sealevel increases. Again, these two series decidedly differ from the middle one which indicates the semination intensity.

The "seedling-percentage" in Table 8 shows that the rapid decrease in natural regeneration as the height above sealevel increases cannot primarily be ascribed to a corresponding diminution of, or deterioration in, the seeding. It is evident from Table 6 that the greatest number of fertile seeds per tree is produced at height-levels above 400 metres. Table 7 and the figures on p. 15 also show that the annual production of fertile seed is considerably greater at this height than at others. This rather unexpected circumstance is explained by the clearing-spruce's relatively great diameter at felling (Table 5) and the considerable number of trees at this height.

Since the "seedling-percentage" — *i. e.*, the number of spruce seedlings saved at 15 years as a percentage of the fertile spruce seeds fallen during 15 years — is also about 42 times as great at the height-level 100—199 m, as at the height-level 400 m, this must depend on the fact that the conditions for the appearance of the seedlings and their chances of survival, after they have taken root, or finally for both of these phenomena, are tremendously worse at the higher level than at the lower.

Consequently it is the climate and its influences on the soil, vegetation and seedlings, that chiefly causes reforestation difficulties on unburned spruce forest lands at high altitudes. But from this one should not jump to the conclusion that the reforestation question in Norrland is not a seed-problem. Reflections tending in that direction have from time to time cropped up in forestry discussions. Such views seriously over-simplify the issue. In the following paragraphs we shall try and throw some light on this and other, adjacent, problems. But it must throughout be remembered that we are dealing with approximations and in certain cases with very rigid ones.

From now on we shall regard the problem as if it were purely and simply a question of clearing-spruce and spruce regeneration. To begin with, we shall calculate the annual average cone-yield from a clearing-spruce of 15-cm diameter, and from one with 20-cm diameter, at clearing-time, it being assumed that the clearing-time was 15 years. The two values are 0.311 and 0.612 kg cones per annum respectively. The number of seed-particles per kg cones being known (7 150), also the fertility values in Table 1, the border seeding (5 000 fertile seeds per annum per hectare), the observed number of seed-trees (p. 13), and also the ungraduated "seedling-percentages" (Table 8), it is now possible to calculate the number of spruce seedlings per hectare that should be found after a 15-year clearing-time. On page 16 is given the number of seedlings calculated for an original diameter of 15 cm. For the sake of comparison the ungraduated, observed seedling-figures for the original diameters given in Table 5, are also given: although these seedling-figures do not apply to an exact clearing-age of 15 years (*cf.* page 13).

From this it is clear that an increase in the original diameter, from 10—11 cm to 15 cm, implies a considerable increase in the number of seedlings. On the other hand it is also obvious that, however useful this increase may be, if we at the same time take the pine seedlings also into consideration, it is not adequate in itself to bringing about satisfactory regeneration, even for the height-levels under 300 m.

In order to obtain better and swifter results it is therefore also necessary to increase the number of seed-trees. According to the "clearing study", the number of seedlings shows, under constant conditions, a slightly curved relationship with the number of seed-trees. The curve is however very flat, and for the present subject can well be regarded as constituting approximately a straight line up to a seed-tree figure of about 50 trees per hectare (Fig. 3). After the effects of border-seeding and of seeding from seed-trees outside the seed-tree area have been deducted (cf. "clearing study"), this line yields a direct proportion between the number of seedlings and the number of seed-trees within the above limits.

We shall now calculate, for the sake of example, the number of spruce-seedlings per hectare, on the condition that the original diameter is 15 cm and that there are 50 clearing-spruce per hectare. The results are those given on page 17.

The effect at the lower levels is extraordinarily strong. The figures imply that, if sufficiently stout and numerous spruce seed-trees are allowed to remain standing on unburned clearings, by this means alone the natural reforestation can be brought up to well above a satisfactory level, within heights up to and including 300 m above sealevel. Above this height, on the other hand, the regeneration conditions are still unsatisfactory.

It is certainly not probable that, in general, spruce of so great diameter as 20 cm can be left standing on the clearings. But it can also be of interest to see what results might be expected, were such a circumstance possible. For an original diameter of 20 cm and 50 seed-trees per hectare, we obtain the number of seedlings per hectare, at heights above 300 m above sealevel, given on page 18.

In the regions we are here concerned with, it is considered that, at a height of 300—399 m, a regeneration at 15 years clearing-age should yield about 6 500 seedlings per hectare in order to be regarded as reasonably satisfactory. Consequently it should be possible to reach a satisfactory natural spruce reforestation up to about 400 metres above sealevel here. But this only falls within the bounds of possibility where specially favorable conditions obtain on the sites. As a rule, one should reckon that the limits of any possibility of producing satisfactory natural reforestation in these regions, merely by felling and removing timber and waste from the cutting areas, are not much above 300 m above sealevel. This is also in all probability the case if one considers not only the seed-yield of clearing-spruce, but also that of pine seed-trees, which are usually very sparse above 300 m in the healthy spruce lands. Even to attain thus limit, every possible care must be taken to leave on the clearings a considerable number of well-apportioned and relatively stout seed-trees with high seed-yield.

From the foregoing enquiry it seems to appear beyond all doubt that the reforestation question, on the sorts of land here considered, is to a very great extent a question of adequate seeding on the clearings. It is obvious that the gains made possible by effective regeneration fellings of the above type are not merely a gain of about 100 metres' height-zone added to the natural regeneration area. This in itself is a great deal; but in addition to this there is offered the advantage of shorter regeneration periods, and more even-aged and therefore altogether more even and better quality new-growth at the lower levels.

The conditions of the sites, the nature of the ground and the climate, however, begins at about 300 m to vitiate even the stoutest efforts to produce a satisfactory regeneration of the old spruce-forests with the aid of the axe alone. But the

Vaccinium and herb-rich *Vaccinium* types at this height above sealevel are too good for this fact to stand in the way of reforestation work. From the available figures for site-class, we must draw the conclusion that in reality a great portion of the forest lands of Northern Sweden, at a level above 300 m, would be worth the expense of at least certain less costly reforestation measures.

From what has here been discovered, neither an increase in the number of seed-trees, nor in their diameter, nor in both, can in itself be expected to produce satisfactory reforestation at the higher levels. Apart from measures of this sort, intended to secure as rich seeding as possible, other measures must also be considered, such as would tend to increase the "seedling-percentage".

Here there are, for the moment, two alternatives to choose between, if we leave a combination of them out of account as being superfluous to this discussion. One alternative is screefing under seed-trees, the other is burning-over under seed-trees. Both these are effective methods of raising the "seedling-percentage". Many research problems have still to be solved before these methods can be brought to function with routine security in the changing conditions of the forests. It is only necessary here to refer, for instance, to the tractor and tool problem, and the problem of burning under spruce seed-trees. These and a number of organisational problems which go with them must be solved efficiently and applicably, if considerable expanses within the higher levels of the Northern Swedish spruce forest lands are not to be more or less an economic impediment for a long time to come. But many things indicate that a satisfactory solution to these problems is now within reach. However, simultaneously with technical progress there must also be given greater care and attention to regeneration felling, as we have tried to explain above. In brief and pointed form, the situation could be stated as follows: On the poorer lands at high levels which are not worth the expense of sowing and planting, screefing and burning is valueless if at the same time allowance has not been made for sufficient and sufficiently high-grade seed-trees. On the other hand, the seed-trees are valueless if care is not taken to see that screefing and burning are efficiently carried out.